

УДК 519.8

# О ВЛИЯТЕЛЬНОСТИ СТРУКТУР СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ

**Д.А. Губанов**

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*  
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65  
E-mail: [dmitry.a.g@gmail.com](mailto:dmitry.a.g@gmail.com)

**А.Г. Чхартишвили**

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*  
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65  
E-mail: [sandro\\_ch@mail.ru](mailto:sandro_ch@mail.ru)

**Ключевые слова:** социальная сеть, акциональная модель влияния, влияние структур социальной сети.

**Аннотация:** В работе предлагается подход к определению влияния структур социальной сети, включающих в себя узлы (учетные записи пользователей) и связи между ними. Подход использует акциональную модель, т.е. влияние определяется действий с учетом установок управляющего органа (центра).

## 1. Введение

В последнее время заметно возросла роль онлайн-социальных сетей (Facebook, Twitter и др.) в жизни общества. Важным аспектом информационно-аналитической работы с ними [1] является оценка влияния пользователей. Влиятельные пользователи (лидеры общественного мнения) в существенной мере определяют тематику обсуждаемых новостей, позитивное или негативное отношение к каким-либо явлениям и персонам и т.д. Поэтому неудивительно, что вопросами оценки влияния посвящено большое количество публикаций (см., напр., обзоры в [2, 3]).

Можно выделить несколько подходов к расчету влияния в социальных сетях.

Большое распространение получил подход (можно его назвать «структурным») к оценке влияния, в котором используется понятие структурной центральности теории социально-сетевых анализов (Social Network Analysis). Со второй половины прошлого века разрабатываются и исследуются различные показатели (близость узла, степень узла, посредничество связи и др.), которые в той или иной степени характеризуют влияние (см., напр., [4]).

Второй подход основан на моделировании информационных процессов в социальных сетях на микроуровне, т.е. их развитие от одного узла сети к другому. Исследователями предлагаются марковские модели, пороговые модели, модели каскадов, модели Изинга, модели клеточных автоматов, модели распространения эпидемий и др. (см., напр., [5]). При помощи этих моделей поведение сети в целом объясняется исходя из взаимодействия узлов с ближайшим окружением. В рамках данного подхода решаются различные оптимизационные задачи, чаще всего – задача выявления конечного множе-

ства наиболее влиятельных пользователей, опосредованное влияние которых вызывает наибольшее распространение заданной информации в сети.

Третий подход основан на попытке одновременно учесть различные аспекты влиятельности при помощи модифицированных методов ранжирования веб-страниц и наукометрических методов (см., напр., [6]).

Четвертый подход основан на предложенной авторами акциональной модели (см. ниже). В данной работе этот подход применяется к оценке влияния не отдельных пользователей или множеств пользователей, а, вообще говоря, структур сети, включающих в себя, наряду с пользователями, связи между ними. Содержательно связи между пользователями так же важны с точки зрения управления состоянием сети, поскольку являются теми «каналами», по которым распространяется информация, формирующая мнения людей и побуждающая их к тем или иным социальным, экономическим, политическим действиям.

## 2. Акциональная модель и структуры сети

В данном разделе мы опишем, в основном следуя [7], акциональную модель пространства действий в социальной сети.

Участниками сети будем считать агентов из фиксированного множества

$$N = \{1, 2, \dots, n\},$$

которые совершают действия из фиксированного множества возможных видов действий

$$K = \{1, 2, \dots, k\}$$

в те или иные моменты времени из интервала  $T$ . Видом действия может быть создание (написание) поста, создание комментария к посту и т. д. Множество действий (создание конкретного поста, комментария и т. д.) обозначим за  $\Delta$  и далее будем считать конечным.

Каждое действие  $a \in \Delta$  характеризуется тремя параметрами – совершившим его агентом, видом действия и моментом времени  $t$ , в который действие было совершено:

$$a(i, j, t), i \in N, j \in K, t \in T.$$

Определим функцию  $\alpha(a)$ , которая каждому действию  $a \in \Delta$  ставит в соответствие совершившего его агента  $\alpha \in N$ .

Пусть на множестве действий задано бинарное отношение частичного порядка « $a$  является причиной  $b$ » (или, что будем далее считать эквивалентным, « $b$  является последствием  $a$ »), обозначаемое следующим образом:

$$a \rightarrow b.$$

Пример такого отношения в онлайн-социальной сети:  $a$  – создание поста,  $b$  – создание комментария к этому посту.

Будем считать, что заданное бинарное отношение удовлетворяет свойствам рефлексивности, антисимметричности и транзитивности.

Если  $a \rightarrow b$  и  $a \neq b$ , но при этом не существует такого  $c \in \Delta$ , что  $a \rightarrow c$  и  $c \rightarrow b$ , то будем говорить, что  $a$  является *непосредственной причиной*  $b$  или что  $a$  и  $b$  являются *последовательными действиями*. Будем обозначать это следующим образом:

$$a \downarrow b.$$

Пусть задано множество действий  $A \subseteq \Delta$  и множество упорядоченных пар последовательных действий  $P$

$$P \subseteq \{(a, b) \mid a, b \in \Delta, a \downarrow b\}.$$

Для каждого действия  $a \in A$  и каждой пары последовательных действий  $(a, b) \in P$  можно определить множество действий, являющихся его (ее) последствием. Если  $(a, b) \notin P$ , будем считать это множество пустым.

$$\pi(a) = \{b \in \Delta \mid a \rightarrow b\},$$

$$\pi(a, b) = \pi(b) \text{ если } a \downarrow b, \text{ иначе } \pi(a, b) = \emptyset.$$

Рассмотрим проблему расчета влиятельности с точки зрения некоего управляющего органа – *центра*. Центр определяет, исходя из своих интересов, значимость действий агентов в социальной сети (значимые действия могут быть как желательными для центра, так и нежелательными). Для того, чтобы учитывать установки центра при расчете влиятельности, введем в рассмотрение *значимость множества действий* – функцию  $\Phi(S)$ :

$$\Phi: 2^\Delta \rightarrow [0, +\infty).$$

Будем считать, что значимость множества действий (далее для краткости будем называть ее просто значимостью) является монотонной функцией:

$$(1) \quad \text{если } A \subseteq B, \text{ то } \Phi(A) \leq \Phi(B).$$

Кроме того, примем естественное предположение о том, что хотя бы какие-то действия обладают положительной значимостью:  $\Phi(\Delta) > 0$ .

Важный класс функций значимости составляют *аддитивные* функции, для которых выполняется соотношение

$$\Phi(A \cup B) = \Phi(A) + \Phi(B)$$

для любых непересекающихся  $A, B \in \Delta$ .

Подчеркнем, что для решения конкретных прикладных задач значимость  $\Phi$  должна быть корректно определена (включая выполнение свойства (1)). Немаловажным с практической точки зрения является также наличие эффективных алгоритмов расчета ее значения.

### 3. Влияние и влиятельность структур сети

В соответствии с [7] назовем мета-агентом любое непустое подмножество множества агентов  $N$  (содержательно это могут быть жители одного города, пользователи одного возраста и т.д.). Для каждого мета-агента  $I \subseteq N$  определим множество  $\delta \subseteq \Delta$  всех совершенных им (т.е. входящими в множество  $I$  агентами) действий

$$\delta_I = \{a \in \Delta \mid \alpha(a) \in I\}.$$

*Структурой сети*  $S$  назовем множество, состоящее из агентов и упорядоченных пар агентов:

$$S = I \cup E, \text{ где } I \subseteq N, E \subseteq N \times N.$$

Упорядоченные пары будем понимать как агентов, действия первого из которых являются непосредственной причиной действий второго. Определим множество действий

$$\delta_E = \{b \in \Delta \mid \exists a \in \Delta (a \downarrow b) \wedge ((\alpha(a), \alpha(b)) \in E)\}.$$

Неформальное понимание влияния можно сформулировать следующим образом: влияние структуры  $S = I \cup E$  ( $I \subseteq N, E \subseteq N \times N$ ) на мета-агента  $J$  велико, если деятельность агентов из множества  $J$  в достаточно большой степени обусловлена структурой  $S$ :

$$\chi(S, J) = \begin{cases} \frac{\Phi((\pi(\delta_I) \cup \pi(\delta_E)) \cap \delta_J)}{\Phi(\delta_J)}, & \Phi(\delta_J) > 0; \\ 0, & \Phi(\delta_J) = 0. \end{cases}$$

Будем считать, что  $\Phi(\delta_J) > 0$  для любого  $J \in N$  (т.е. агентов, все действия которых в совокупности обладают нулевой значимостью, исключим из рассмотрения).

Отметим важный частный случай, когда мета-агент  $J$  совпадает со всем множеством агентов (т.е.  $J = N$ ) и функция влияния характеризует влияние структуры  $S$  на всю сеть, которое назовем *влиятельностью* и обозначим  $\varepsilon(I)$ :

$$\varepsilon(S) = \chi(S, N) = \frac{\Phi(\pi(\delta_I) \cup \pi(\delta_E))}{\Phi(\Delta)}.$$

Ясно, что в силу свойства (1) влияние (на любого мета-агента) и влиятельность любой структуры лежат в отрезке  $[0, 1]$ .

## 4. Заключение

В докладе предложено развитие акциональной модели влияния в онлайн-социальных сетях, в которой влияние и влиятельность отдельных агентов (пользователей), мета-агентов (подмножеств пользователей) и структур сети вычисляются на основе реакции на их действия с учетом приоритетов управляющего органа. Перспективным направлением дальнейших исследований является рассмотрение различных классов прикладных задач и соответствующих им понятий влиятельности на основе акциональной модели.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты 18-29-22042мк, 17-07-00541а).

## Список литературы

1. Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г. Концептуальный подход к анализу онлайн-социальных сетей // Управление большими системами. 2013. Вып. 45. С. 222-236.
2. Jungnickel K. New methods of measuring opinion leadership: a systematic, interdisciplinary literature analysis // International Journal of Communication. 2018. Vol. 12. P. 2702-2724.
3. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. М.: МЦНМО, 2018. 224 с.
4. Aggarwal C.C. Social Network Data Analytics. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 2011. 502 p.
5. Kempe D., Kleinberg J., Tardos E. Maximizing the spread of influence through a social network // Proc. of the 9th ACM SIGKDD Intern. Conf. on Knowledge discovery and data mining. 2003. P. 137-146.
6. Weng J., Lim E.-P., Jiang J., He Q. Twitterank: finding topic-sensitive influential twitterers // Proc. of the Third Int. Conf. on Web Search and Web Data Mining. 2010. P. 261-270.
7. Губанов Д.А., Чхартишвили А.Г. Влиятельность пользователей и метапользователей социальной сети // Проблемы управления. 2016. № 6. С. 12-17.